

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-267903

(43)Date of publication of application : 22.09.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/302

C23F 4/00

H01L 21/205

H05H 1/46

(21)Application number : 06-013981 (71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 12.01.1994 (72)Inventor : HATA JIRO  
ISHII NOBUO

(30)Priority

Priority	05 19193	Priority	12.01.1993	Priority	JP
number :	05 19217	date :	12.01.1993	country :	JP

(54) PLASMA DEVICE

PURPOSE: To uniformize the density of plasma in a plasma device, wherein the plasma is generated in a treating chamber by means of high-frequency induction and a treatment is performed on a material to be treated in the treating chamber.

power supply 21 provided on the outside of this chamber 2 via an upper wall 3, which is an insulator, and a thin plate 24, which is arranged in such a way that at least one part of the plate 24 is superposed on the antenna and consists of a normal magnetic material. Thereby, a plasma generating region is displaced and the density of plasma can be uniformized.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-267903

(43)公開日 平成 6年(1994) 9月22日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302	B	9277-4M		
C 2 3 F 4/00	D	8414-4K		
	G	8414-4K		
H 0 1 L 21/205				
H 0 5 H 1/46		9014-2G		

審査請求 未請求 発明の数26 F D (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平6-13981

(22)出願日 平成 6年(1994) 1月12日

(31)優先権主張番号 特願平5-19193

(32)優先日 平 5 (1993) 1月12日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平5-19217

(32)優先日 平 5 (1993) 1月12日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都新宿区西新宿 2丁目 3番 1号

(72)発明者 畑 次郎

東京都新宿区西新宿 2丁目 3番 1号 東京  
エレクトロン株式会社内

(72)発明者 石井 信雄

東京都新宿区西新宿 2丁目 3番 1号 東京  
エレクトロン株式会社内

(74)代理人 弁理士 金本 哲男 (外 1名)

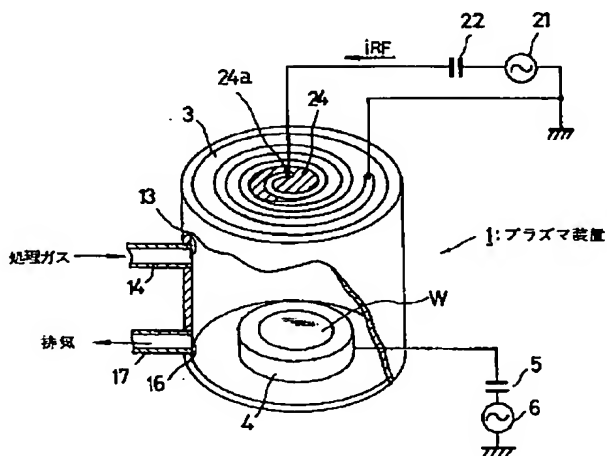
(54)【発明の名称】 プラズマ装置

(57)【要約】

【目的】 高周波誘導を用いて処理室内にプラズマを発生させて、処理室内の被処理体に処理を施すプラズマ装置において、プラズマ密度を均一化させる。

【構成】 載置台 4 上のウエハ W に対してプラズマ処理を施すべく構成されたチャンバ 2 を有する。このチャンバ 2 の外側に、絶縁体である上壁 3 を介して設けられて高周波電源 21 からの高周波の供給によってウエハ W 近傍に誘導電界を形成するためのアンテナ 20 と、少なくともその一部がアンテナ 20 と重なるように配置された常磁性体の薄板 24 とを具備する。

【効果】 プラズマ発生領域が変位して、プラズマ密度を均一化できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】サセプタ上の被処理体に対してプラズマ処理を施すべく構成された処理室と、前記処理室の外側における前記被処理体に対応する部分に絶縁体を介して設けられ、かつ高周波電力の供給によって前記被処理体近傍に誘導電界を形成するための誘導手段と、少なくともその一部が前記誘導手段と重なるように配置された常磁性体部材と、を具備したことを特徴とする、プラズマ装置。

【請求項 2】前記誘導手段を構成する誘導部材が単一の渦巻状をなしていることを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ装置。

【請求項 3】前記誘導手段を構成する誘導部材が単一のループ状をなしていることを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ装置。

【請求項 4】前記誘導手段が 2 以上の誘導部材によって構成され、各誘導部材は単一の渦巻状をなし、これら各誘導部材は同心状に配置されていることを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ装置。

【請求項 5】前記誘導手段が 2 以上の誘導部材によって構成され、各誘導部材は単一のループ状をなし、これら各誘導部材は同心状に配置されていることを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ装置。

【請求項 6】前記誘導手段が 2 以上の誘導部材によって構成され、各誘導部材は単一の渦巻状と単一のループ状をなし、これら誘導部材が同心状に配置されていることを特徴とする、請求項 1 に記載のプラズマ装置。

【請求項 7】前記誘導部材に供給される高周波電力が各々独立して制御される如く構成されたことを特徴とする、請求項 4、5 又は 6 に記載のプラズマ装置。

【請求項 8】前記常磁性体部材が板状をなしていることを特徴とする、請求項 1、2、3、4、5、6、又は 7 に記載のプラズマ装置。

【請求項 9】前記常磁性体部材が銅で構成されていることを特徴とする、請求項 1、2、3、4、5、6、7、又は 8 に記載のプラズマ装置。

【請求項 10】サセプタ上の被処理体に対してプラズマ処理を施すべく構成された処理室と、前記処理室の外側における前記被処理体に対応する部分に絶縁体を介して設けられ、かつ高周波電力の供給によって前記被処理体近傍に誘導電界を形成するための誘導手段とを具備し、前記誘導手段はその中央部に空間領域を有するスパイラル状をなす誘導部材によって構成されたことを特徴とする、プラズマ装置。

【請求項 11】前記誘導手段は、その外側部と中心部とでピッチが異なるスパイラル状をなす誘導部材によって構成されたことを特徴とする、プラズマ装置。

【請求項 12】被処理体に高周波バイアスを印加する高周波印加手段をさらに有することを特徴とする、請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、又は 11

に記載のプラズマ装置。

【請求項 13】プラズマ発生部とプラズマ処理部とから構成され、前記プラズマ発生部で発生されたプラズマ流を前記プラズマ処理部の処理室内に導入することにより、その処理室内においてサセプタ上に載置固定された被処理体に対してプラズマ処理を施すためのプラズマ装置であって、

前記プラズマ発生部には、高周波電流を印加することにより絶縁部材を介して前記処理室内に交番電界を形成するアンテナ手段と、前記プラズマ発生部を囲むように配置され前記交番電界と直交する方向に静磁場を形成する第 1 の磁場形成手段とが設けられ、前記交番電界と静磁場とを適当に調整することにより、前記処理室内に電子サイクロトロン共鳴領域を形成し、

前記プラズマ処理部には、前記処理室を囲むように配設され前記処理室内に導入された前記プラズマ流を前記被処理体に対して整形保持するための第 2 の磁場形成手段が設けられていることを特徴とする、プラズマ装置。

【請求項 14】前記絶縁部材が前記処理室に連通するプラズマ発生室を形成し、前記アンテナ手段がそのプラズマ発生室の外周部を少なくとも 1 巻きするように配置構成されていることを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ装置。

【請求項 15】前記絶縁部材が前記処理室の壁部の少なくとも一部を構成し、前記アンテナ手段が前記絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置された単一の渦巻状のアンテナであることを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ装置。

【請求項 16】前記絶縁部材が前記処理室の壁部の少なくとも一部を構成し、前記アンテナ手段が前記絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置された 2 以上のアンテナ部材によって構成され、各アンテナ部材は各々渦巻状のアンテナであって、これらが同心状に配置されたことを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ装置。

【請求項 17】前記絶縁部材が前記処理室の壁部の少なくとも一部を構成し、前記アンテナ手段が前記絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置された 2 以上のアンテナ部材によって構成され、各アンテナ部材は各々ループ状のアンテナであって、これらが同心状に配置されたことを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ装置。

【請求項 18】前記絶縁部材が前記処理室の壁部の少なくとも一部を構成し、前記アンテナ手段が前記絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置された 2 以上のアンテナ部材に掘って構成され、各アンテナ部材は渦巻状のアンテナとループ状のアンテナであって、これらが同心状に配置されたことを特徴とする、請求項 13 に記載のプラズマ装置。

【請求項 19】前記各アンテナ部材に印加される高周波電流が、各々独立して制御される如く構成されたことを特徴とする、請求項 16、17、又は 18 に記載のプラ

ズマ装置。

【請求項 20】前記アンテナ手段に 100MHz 以下の周波数の高周波電流を流し、その周波数に対応する磁束密度の磁場を前記第 1 の磁場形成手段により形成することにより、ECR 条件を達成することを特徴とする、請求項 13、14、15、16、17、18、又は 19 に記載のプラズマ装置。

【請求項 21】サセプタ上に載置固定された被処理体に対してプラズマ処理を施すべく気密に構成された処理室を備え、その処理室の壁部の少なくとも一部が絶縁部材から構成され、第 1 の高周波電源から高周波電流を印加することにより処理室内の所望の領域に回転電界を形成することが可能な誘導電界形成手段を前記絶縁部材の外面部に配し、前記処理室の外部であってかつ前記誘導電界形成手段の近傍に磁極材を配し、被処理体の処理面に対して略平行な平面で切断した前記磁極材の断面積を少なくともその処理面の面積よりも広くし、かつ前記磁極材の厚みを少なくとも印加された高周波電流により励起された反磁場の影響を無視できる程度とし、前記サセプタには前記第 1 の高周波電源とは独立して調整可能な第 2 の高周波電源によりバイアス電位を印加することが可能なように構成されていることを特徴とする、プラズマ装置。

【請求項 22】前記誘導電界形成手段が少なくとも一巻きのループを有するループアンテナであることを特徴とする、請求項 21 に記載のプラズマ装置。

【請求項 23】前記誘導電界形成手段が 2 以上のアンテナ部材によって構成され、各アンテナ部材は各々ループ状のアンテナであって、これらが同心状に配置されたことを特徴とする、請求項 21 に記載のプラズマ装置。

【請求項 24】前記各アンテナ部材に印加される高周波電流が、各々独立して制御される如く構成されたことを特徴とする、請求項 23 に記載のプラズマ装置。

【請求項 25】前記磁極材がソフトフェライトであることを特徴とする、請求項 21、22、23、又は 24 に記載のプラズマ装置。

【請求項 26】プラズマの密度分布を相対的に高めたい領域に作用する磁場を形成する前記磁極材部分の厚みを、その他の領域に作用する磁場を形成する前記磁極材部分の厚みよりも厚く形成することを特徴とする、請求項 21、22、23、24、又は 25 に記載のプラズマ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、プラズマ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、LSI 等の半導体デバイスの製造工程を例にとって説明すると、エッチング、アッシング、CVD、スパッタリングなどの各種プロセスにおい

て、処理ガスのイオン化や化学反応を促進するために、プラズマを発生させるプラズマ装置が多く利用されているが、近年では、半導体ウエハ（以下、「ウエハ」という）などの被処理体に施すパターンの微細化が進むにつれ、プラズマのエネルギー密度分布、及びプラズマとサセプタとの間のバイアス電位をより高い精度で調整したり、電極からの重金属汚染を減少させる観点から、渦巻状のアンテナを用いるいわゆる高周波誘導方式のプラズマ装置が提案されている。

【0003】例えば欧州特許公開明細書第 379828 号に開示されているように、気密に構成された処理容器（チャンバ）におけるウエハ載置台と対向部分（一般に上壁部分）を石英ガラス等の絶縁物で構成し、その外側の壁面にスパイラル状のアンテナを固定しこれに高周波電流を流して処理容器内に高周波電磁場を作り、これによって処理容器内に供給される処理ガスを電離させ、プラズマを生成するようにしている。かかる方式を用いるプラズマ装置では、アンテナの真下に位置する処理容器内の空間にプラズマが生成される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら前記した従来のプラズマ装置によれば、次のような問題がある。即ち、一般的にプラズマの生成密度は、スパイラル状のアンテナの半径方向における中心と外側との中間部に対応する位置でプラズマ密度が最も高く、それより内側及び外側に向かうほどプラズマ密度が低くなっている。即ちプラズマ密度が均一ではない。そのためプラズマ処理についての均一性、再現性が未だ十分ではなかった。またかかるプラズマ密度の調整を行うための方法も十分に開示されていなかった。

【0005】本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、高周波誘導方式において被処理体における被処理面付近のプラズマ密度の均一性を向上させてプラズマ処理における均一性、再現性に優れ、またプラズマ密度の調整も可能としたプラズマ装置を提供することをその目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために本発明によれば、下記に掲げるプラズマ装置が提供される。まず請求項 1 によれば、サセプタ上の被処理体に対してプラズマ処理を施すべく構成された処理室と、前記処理室の外側における前記被処理体に対応する部分に絶縁体を介して設けられ、かつ高周波電力の供給によって前記被処理体近傍に誘導電界を形成するための誘導手段と、少なくともその一部が前記誘導手段と重なるように配置された常磁性体部材とを具備したことを特徴とする、プラズマ装置が提供される。

【0007】かかる場合、前記誘導手段を構成する誘導部材を、請求項 2 に記載したように単一の渦巻状に形成してもよく、また請求項 3 に記載したように、単一のル

ープ状に形成してもよい。

【0008】さらに請求項4に記載したように、前記誘導手段を2以上の誘導部材によって構成することとし、各誘導部材は単一の渦巻状としてこれらを同心状に配置させてもよく、また請求項5に記載したように、各誘導部材は単一のループ状としてこれらを同心状に配置させてもよい。

【0009】また前記したように誘導手段を2以上の誘導部材によって構成する場合、請求項6に記載したように、単一の渦巻状の誘導部材と、単一のループ状の誘導部材との組合わせであってもよい。

【0010】そして前記したように、誘導部材が複数ある場合、請求項7に記載したように、各誘導部材に供給される高周波電力を各々独立して制御するように構成してもよい。

【0011】さらに以上のようにして構成される各プラズマ装置において、請求項8に記載したように、その常磁性体部材を板状としてもよく、またさらに請求項9に記載したように、この常磁性体部材を銅で構成してもよい。

【0012】一方請求項10によれば、サセプタ上の被処理体に対してプラズマ処理を施すべく構成された処理室と、前記処理室の外側における前記被処理体に対応する部分に絶縁体を介して設けられ、かつ高周波電力の供給によって前記被処理体近傍に誘導電界を形成するための誘導手段とを具備し、前記誘導手段はその中央部に空間領域を有するスパイラル状をなす誘導部材によって構成されたことを特徴とする、プラズマ装置が提供される。

【0013】この場合、請求項11に記載したように、その外側部と中心部とでピッチが異なるスパイラル状をなす誘導部材によって前記誘導手段を構成してもよい。また請求項12に記載したように、前記した請求項1～11に記載したプラズマ装置において、さらに被処理体に高周波バイアスを印加する高周波印加手段設けた構成としてもよい。

【0014】一方請求項13によれば、プラズマ発生部とプラズマ処理部とから構成され、前記プラズマ発生部で発生されたプラズマ流を前記プラズマ処理部の処理室内に導入することにより、その処理室内においてサセプタ上に載置固定された被処理体に対してプラズマ処理を施すためのプラズマ装置であって、前記プラズマ発生部には、高周波電流を印加することにより絶縁部材を介して前記処理室内に交番電界を形成するアンテナ手段と、前記プラズマ発生部を囲むように配置され前記交番電界と直交する方向に静磁場を形成する第1の磁場形成手段とが設けられ、前記交番電界と静磁場とを適当に調整することにより、前記処理室内に電子サイクロトロン共鳴領域を形成するように構成し、さらに前記プラズマ処理部には、前記処理室を囲むように配設され前記処理室内

に導入された前記プラズマ流を前記被処理体に対して整形保持するための第2の磁場形成手段が設けられていることを特徴とする、プラズマ装置が提供される。

【0015】かかる場合、請求項14に記載したように、前記絶縁部材が前記処理室に連通するプラズマ発生室を形成し、前記アンテナ手段がそのプラズマ発生室の外周部を少なくとも1巻きするように配置構成されようにしてもよい。

【0016】また請求項15に記載したように、前記絶縁部材が前記処理室の壁部の少なくとも一部を構成し、前記アンテナ手段を前記絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置された単一の渦巻状のアンテナとして構成してもよい。

【0017】さらに請求項16に記載したように、前記絶縁部材が前記処理室の壁部の少なくとも一部を構成し、前記アンテナ手段が前記絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置された2以上のアンテナ部材によって構成され、各アンテナ部材を各々渦巻状のアンテナとしてこれらを同心状に配置させてもよい。またこの場合、請求項17に記載したように、各アンテナ部材をループ状のアンテナとしてこれらを同心状に配置させてもよい。

【0018】また請求項18に記載したように、前記アンテナ部材を渦巻状のアンテナとループ状のアンテナとの2種類を用意し、これらを適宜組み合わせて、これらを同心状に配置させるようにしてもよい。

【0019】そして前記した各プラズマ装置においてアンテナ部材が複数ある場合、請求項19に記載したように、これら各アンテナ部材に印加される高周波電流が、各々独立して制御される如く構成してもよい。

【0020】さらにまた請求項20に記載したように、前記アンテナ手段に100MHz以下の周波数の高周波電流を流し、その周波数に対応する磁束密度の磁場を前記第1の磁場形成手段により形成するようにしてECR条件を達成するようにしてもよい。

【0021】また一方、請求項21によれば、サセプタ上に載置固定された被処理体に対してプラズマ処理を施すべく気密に構成された処理室を備え、その処理室の壁部の少なくとも一部が絶縁部材から構成され、第1の高周波電源から高周波電流を印加することにより処理室内の所望の領域に回転電界を形成することが可能な誘導電界形成手段を前記絶縁部材の外面部に配し、前記処理室の外部であってかつ前記誘導電界形成手段の近傍に磁極材を配し、被処理体の処理面に対して略平行な平面で切断した前記磁極材の断面積を少なくともその処理面の面積よりも広くし、かつ前記磁極材の厚みを少なくとも印加された高周波電流により励起された反磁場の影響を無視できる程度とし、前記サセプタには前記第1の高周波電源とは独立して調整可能な第2の高周波電源によりバイアス電位を印加することが可能なように構成されていることを特徴とする、プラズマ装置が提供される。

【0022】かかる場合、請求項22に記載したように、前記誘導電界形成手段が少なくとも一巻きのループを有するループアンテナであってもよい。

【0023】また前記誘導電界形成手段を2以上のアンテナ部材によって構成して、さらに請求項23に記載したように、各アンテナ部材を各々ループ状のアンテナとして、これらを同心状に配置するようにしてもよい。

【0024】そして前記誘導電界形成手段を2以上のアンテナ部材によって構成した場合、請求項24に記載したように、前記各アンテナ部材に印加される高周波電流が、各々独立して制御されるように構成してもよい。

【0025】他方、以上の構成にかかるプラズマ装置における前記磁極材を、請求項25に記載したように、ソフトフェライトで構成してもよい。

【0026】また請求項26に記載したように、プラズマの密度分布を相対的に高めたい領域に作用する磁場を形成する前記磁極材部分の厚みを、その他の領域に作用する磁場を形成する前記磁極材部分の厚みよりも厚く形成したことを特徴とする構成としてもよい。

【0027】

【作用】請求項1によれば、高周波電力の供給によって前記被処理体近傍に誘導電界を形成するための誘導手段と常磁性体の一部が重なっているため、発生した磁束はこの常磁性体を貫通することはない。そのことにより、発生したプラズマの生成領域を変位させることが可能である。かかる場合、前記誘導手段を構成する誘導部材が、請求項2に記載したような単一の渦巻状や請求項3に記載したような単一のループ状の場合には、比較的均一なプラズマが発生する。

【0028】また請求項4に記載したように、前記誘導手段を2以上の誘導部材によって構成することとし、各誘導部材は単一の渦巻状としてこれらを同心状に配置させたり、請求項5に記載したように、単一のループ状としてこれらを同心状に配置させた場合にも、誘起される同心円状の交番電界の磁界強度が調整できる。かかる場合、請求項6に記載したように、単一の渦巻状の誘導部材と、単一のループ状の誘導部材との組合わせであっても同様な作用効果が得られ、より様々な調整が可能となる。

【0029】そして請求項7に記載したように、誘導部材が複数ある場合において各誘導部材に供給される高周波電力を各々独立して制御するように構成した場合には、個々の誘導部材によって誘起される交番電界の強度が調整できるので、極めて精細で広範囲なプラズマ密度の制御を行える。

【0030】以上のようにして構成される各プラズマ装置において、請求項8に記載したように、その常磁性体部材を板状とした場合には、スペース的に装置構成として採用しやすくしかも、均等に磁束の貫通をブロックできる。さらに請求項9に記載したように、この常磁性体

部材を銅で構成した場合には、導電性が良好なため、磁束を妨げるうず電流の発生にとって好ましい。

【0031】請求項10によれば、高周波電力の供給によって前記被処理体近傍に誘導電界を形成するための誘導手段とは、その中央部に空間領域を有するスパイラル状をなす誘導部材によって構成されているので、中心部を縦方向に貫通する磁束の本数が減少し、誘起される交番電界の磁界強度が小さくなり、プラズマ生成領域が半径方向において外側に変位する。従ってこれを利用することにより、プラズマ密度を均一化させることが可能になる。

【0032】この場合、請求項11に記載したように、その外側部と中心部とでピッチが異なるスパイラル状をなす誘導部材によって前記誘導手段を構成すれば、外側部と中心部とにおいて、誘起される交番電界を相対的に疎密にさせることが可能であり、これを利用してプラズマ密度を均一化させることが可能になる。

【0033】また請求項12に記載したように、前記した請求項1～11に記載したプラズマ装置において、さらに被処理体に高周波バイアスを印加する高周波印加手段設けた構成とすれば、プラズマ中のイオンをより加速させることが可能である。

【0034】一方請求項13によれば、プラズマ発生部に設置されたアンテナ手段に高周波電流を印加することにより絶縁部材を介して処理室内に交番電界を形成するように構成されている。このように、請求項13に基づくプラズマ装置では、超高周波のマイクロ波を用いずにECR条件を達成するように構成されており、そのため利用する周波数領域を比較的低い領域に、例えば100MHz以下に設定することができる。従って、前記アンテナ手段による交番電界と直交する方向に形成する静磁場の磁束密度を小さくしても、ECR条件を達成することが可能となり、そのための第1の磁場形成手段の小型化を図ることができる。また、ECR条件を達成するために必要な磁場も小さいもので十分なので、プラズマ流に対する発散磁界の影響を最小限にすることが可能である。

【0035】またさらに請求項13では、処理室を囲むように第2の磁場形成手段が設けられている。そのため、処理室内に導入されたプラズマ流の展開領域を被処理体近傍の面状に拡大し、その処理領域に均一なプラズマ流を保持すると共に、プラズマ流の方向を被処理体の処理面に対して垂直に方向付けることが可能となる。

【0036】請求項14によれば、アンテナ手段の巻き数によってプラズマ状態を制御することが可能になる。例えば絶縁部材により、円筒形状のプラズマ発生室を形成し、その外周部をアンテナ手段で囲むように構成すれば、均一な交番電界をプラズマ発生室のほぼ中央に形成することが可能になると共に、プラズマ発生部とプラズマ処理部とを分離することができるので、プラズマ発生

条件及びプラズマ処理条件に関して、それぞれ別個のパラメータを設定して制御することが可能となり、より高精度のプラズマ処理を実施することができる。

【００３７】また請求項１５によれば、絶縁部材により処理室の壁部の少なくとも一部、例えば上面を構成し、渦巻アンテナをその絶縁部材の外壁部表面に略平行に配置している。かかる構成により、その絶縁部材の内壁部表面付近に直接ＥＣＲ領域を形成することができるので、装置の簡略化及び小型化を達成することが可能となる。請求項１６では、その場合の渦巻アンテナが２以上同心状に配置されているので、より広範囲のプラズマ密度の制御が可能になっている。請求項１７のように各アンテナ部材をループ状のアンテナとしてこれらを同心状に配置させた場合にも同様な作用効果が得られる。

【００３８】また請求項１８に記載したように、渦巻状のアンテナとループ状のアンテナとを組み合わせた場合には、さらに広範なプラズマ密度の制御を可能とする。

【００３９】そして請求項１９に記載したように、これら各アンテナ部材に印加される高周波電流を、各々独立して制御する如く構成すれば、より精細かつ広範囲のプラズマ密度の制御が可能である。

【００４０】請求項２０に記載したように、前記アンテナ手段に１００ＭＨｚ以下の周波数の高周波電流を流し、その周波数に対応する磁束密度の磁場を前記第１の磁場形成手段により形成するようにしてＥＣＲ条件を達成するようにすれば、静磁場の磁束密度を小さくすることができ、装置全体をより簡易、小型化することが可能になる。

【００４１】請求項２１によれば、第１の高周波電源から誘導電界形成手段に高周波電流を印加することにより回転電界が処理室内に形成され、その回転電界により電子が加速されてプラズマ発生条件が達成される。このように、請求項２１によれば電極を用いずにプラズマを発生させることが可能なので、電極材料に起因する製品の重金属汚染を減少させることができる。

【００４２】また請求項２２のように、前記誘導電界形成手段をループアンテナとして構成する場合には、より均一な回転電界を形成することができるので、面内均一に優れたプラズマを処理室内に発生させることができる。

【００４３】請求項２３によれば、２以上のアンテナ部材によって構成されているから、より広範囲のプラズマ密度の調整が可能になっており、さらに面内均一に優れたプラズマを処理室内に発生させることができる。そして請求項２４のように、各アンテナ部材に印加される高周波電流を、各々独立して制御する如く構成すれば、より精細かつ広範囲のプラズマ密度の制御が可能である。

【００４４】請求項２５、２６のように、前記磁極材に、例えばソフトフェライトを使用し、プラズマの密度分布を相対的に高めたい領域に作用する磁場を形成する

磁極材部分の厚みを、その他の領域に作用する磁場を形成する磁極材部分の厚みよりも厚く形成するように前記磁極材の形状を調節することにより、処理室内の磁場を調整して、処理室内の発生プラズマの密度分布を自由に調節することができる。また少なくとも被処理体の処理面に対して略平行な平面で切断した前記磁極材の断面積を前記被処理体の処理面より広く形成することにより、前記被処理体の処理面全体にわたり、所望の密度分布を有するプラズマ流を照射することが可能となる。

【００４５】なお誘導電界形成手段に高周波電流を流すと、その誘導電界形成手段の近傍に配した磁極材に反磁場が形成され、処理室内の磁場に作用するおそれがあるが、配置される磁極材にある程度の厚みをもたせること、あるいは、磁路を長くする工夫で解決される。請求項２５のようにソフトフェライトを使用すれば、かかる形態を採用することが容易である。

【００４６】

【実施例】以下、添付図面に基づいて本発明の実施例について説明すると、図１及び図２は、本発明の第１実施例に係るプラズマ装置の構成を模式的に示す斜視図および断面図であり、図１に示すように、このプラズマ装置１の処理室を内部に形成するチャンバ２は、底壁および側壁が金属、例えばアルミニウムで構成され、上壁３が絶縁体、例えば石英ガラス(silica glass)又はセラミック材料で構成された円筒状の密封容器として構成されている。なお上壁３として透明な石英ガラスを用いた場合には、チャンバ２内のプラズマの発光状態を視認することが可能である。

【００４７】チャンバ２の底面中央部には、円盤または円柱状の載置台（サセプタ）４が配設され、この載置台４の上面に被処理体として例えば、ウエハＷが載置されるようになっている。なお、この載置台４は例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムで構成される。前記プラズマ装置１がエッチング装置として構成される場合、前記載置台４には、マッチング回路としてのキャパシタ５を介してエッチング用のたとえば周波数が１３．５６ＭＨｚの高周波電源６が接続される。

【００４８】前記載置台４の内部には、高周波による加熱を防止するため冷却水が図示しない冷却水供給部より供給される。このような高周波電源６を設け、使用される処理ガスやガス圧力に応じて、載置台４に高周波バイアスを適宜印加することにより、プラズマ流れ中のイオンの加速を図ると共に、イオン流の均一化を図ることが可能である。

【００４９】前記載置台４の上面には、被処理体としての前記ウエハＷを取り囲む石英からなるフォーカスリング７が、ウエハの被処理面よりも高くなるように設けられている。このフォーカスリング７は、前記載置台４の上方に生成されるプラズマをウエハＷの被処理面に集中させて、プラズマ処理効率を高める作用を有するもので



あり、例えばエッチング処理の場合にはエッチングレートを高める作用を有する。またこのフォーカスリング7は、アルミニウムで構成された載置台4におけるウエハWが載置されていない露出部分が、プラズマによってエッチングされて、ゴミが発生するのを防止する機能をも有している。

【0050】載置台4のウエハ保持面には、静電チャック10が設けられている。この静電チャック10は、電極としての銅箔11を絶縁膜、例えばポリイミド樹脂で覆う構造を有し、静電力によりウエハWを正確に吸着し、保持する機能を有している。この静電チャック10には直流電源12が接続されており、この直流電源12から例えば2kVの電圧が静電チャック10に印加されると、被処理体としてのウエハWが静電チャック10に吸着、保持されるように構成されている。

【0051】前出チャンバ2の側面上部には、ガス導入口13が設けられ、このガス導入口13にガス供給管14が接続されている。そして、別設のガス供給源15からこのガス供給管14を通じてチャンバ2内に処理ガスが供給される。この場合、供給される処理ガスは加工の種類によって異なり、たとえばエッチング加工の場合には $\text{CHF}_3$ や $\text{CF}_4$ 等のエッチングガスが供給される。図示の例では、1つのガス供給源15と1本のガス供給管14が示されているが、処理ガスの種類に応じた数のガス供給源及びガス供給管をチャンバ2に接続するようにしてもよい。

【0052】また前出チャンバ2の側面下部には、ガス排出口16が設けられ、このガス排出口16にガス排気管17が接続されている。このガス排気管17は真空ポンプなどから構成される排気系18に接続されており、チャンバ2内を所定の減圧度にまで真空引きすることが可能のように構成されている。

【0053】さらに前記チャンバ2内の載置台4上に載置されるウエハWと対向して、チャンバ2の上壁3の外側の壁面上には、誘導部材としてのスパイラル状の高周波アンテナ20が配設されている。このアンテナ20は線状又は管状をなす導電性材料で構成され、好ましくは冷却特性に優れた銅で構成される。このアンテナ20の内側端子20aおよび外側端子20b間には、プラズマ生成用の高周波電源21から、マッチング回路としてのキャパシタ22を介して、たとえば周波数が13.56MHzの高周波電力が印加されるように構成されている。かかる構成により、前記アンテナ20に高周波電流iRFが流れ、後述するようにこのアンテナ20直下のチャンバ2内空間で誘導電界が形成され、これによって処理ガスのプラズマが生成される。なお、前出高周波電源6及び21は、コントローラ23によりコントロールされる。

【0054】この第1実施例では、前記アンテナ20の中心部と石英ガラスからなる上壁3との間に、常磁性金

属たとえば銅からなる円形の薄板24が介挿されている。この薄板24の直径は、アンテナ20の形状・寸法、高周波電源21の出力電力、ウエハWの直径、並びにアンテナ20とウエハW間の距離等に応じて適宜選択、設定される。そしてこの薄板24により、後述するように、アンテナ20の直下のチャンバ2内空間における交番磁界Bが調整され、それに誘起される交番電界Eが調整されて、その結果プラズマが拡散し、もってウエハWの表面付近でプラズマ密度が均一化される。

【0055】第1実施例にかかるプラズマ装置1は以上のように構成されており、次に図2を参照して本実施例のプラズマ装置におけるプラズマ生成およびプラズマ処理について説明する。被処理体であるウエハWは、チャンバ2に隣接するロードロック室（図示せず）から、予め減圧雰囲気、例えば $10^{-6}$ Torrに排気されたチャンバ2内に搬送され、チャンバ2内の載置台4上に載置されて、静電チャック10によって吸着、保持される。次いで、ガス供給管14を介して、前記ウエハWに所定の処理ガス、例えば $\text{CHF}_3$ や $\text{CF}_4$ がチャンバ2内に導入される。このとき、チャンバ2内の圧力は、例えば $10^{-3}$ Torrに調整される。

【0056】そしてこの状態において、アンテナ20に高周波電源21からの高周波電圧が印加される。この高周波電圧の印加によってアンテナ20に高周波電流iRFが流れると、アンテナ20の導体の周りに交番磁界Bが発生し、その磁束の多くはアンテナ中心部を縦方向に通って閉ループを形成する。このような交番磁界Bによってアンテナ20の直下で、概ね同心円状に円周方向の交番電界Eが誘起され、この交番電界Eによって円周方向に加速された電子が処理ガスの中性粒子に衝突することで、ガスが電離して、プラズマが生成される。

【0057】このようにしてアンテナ20の直下で生成するプラズマは、図2で模式的に示すように、アンテナ20の半径方向における中心と外側との中間部程に対応する位置でプラズマ密度が最も高く、それより内側および外側に向かうほどプラズマ密度が低くなる。しかしながら本実施例においては、円形の薄板24内で磁束Bの貫通を防げるようならず電流が流れるため、交番磁界Bの磁束はアンテナ中心部を通りにくくなり、薄板24が無い場合の点線で示す磁束B'より外側を通る。このため、アンテナ直下のプラズマ生成領域Pは、薄板24がない場合の破線で示すプラズマ生成領域P'よりも半径方向で外側に変位する。

【0058】薄板24がない場合には、プラズマは高密度領域から低密度領域へ拡散して、ウエハW付近でプラズマ密度が均される結果、図3のPd'で示すように、ウエハWの中心部付近のプラズマ密度が、ウエハW外周縁部付近のプラズマ密度より高くなる。従って、ウエハW表面で不均一な処理が行われてしまう。

【0059】これに対して薄板24が存在する場合に

は、前述のように、薄板 30 が無い場合の破線で示すプラズマ生成領域 P' よりも、半径方向で外側に変位するプラズマ生成領域 P が形成されるので、プラズマが半径方向および下方へ拡散して、ウエハ W 付近でプラズマ密度が均され、ウエハ W の表面付近では図 3 の P d で示すようにプラズマ密度が半径方向でほぼ一定に均される。従って、プラズマに含まれるイオン、電子やそれ以外の活性種が半導体ウエハ W の表面全体に均一に供給または照射され、ウエハ表面全体で均一に所定のプラズマ処理が行われる。

【0060】たとえば、プラズマエッチングでは、プラズマで活性状態に励起されたガス分子が、ウエハ表面の被加工物質と化学反応してその反応生成物が気化し、ウエハ表面が削り取られる。またプラズマ CVD では、プラズマで活性状態に励起されたガス分子同士が反応してその反応生成物がウエハ表面に堆積して、CVD 膜が形成される。このように、いずれのプラズマ処理であっても、本発明の第 1 実施例に係るプラズマ装置を用いれば、ウエハ W の表面全体にプラズマが均一な密度で作用するため、ウエハ表面上で均一な処理が行われるものである。

【0061】以上のようにしてチャンバ 2 内においてウエハ W に対する所定の処理が完了すると、排気系 18 によってチャンバ 2 内の残留処理ガスや反応生成物が十分に排気された後に、搬送アーム（図示せず）により載置台 4 上のウエハ W がロードロック室に搬出され、プロセスが終了する。

【0062】前記したように、第 1 実施例のプラズマ装置 1 では、誘導部材としてのアンテナ 20 の一部（たとえばアンテナ中心部）と重なって配置された常磁性金属部材としての薄板 24 が、磁束の貫通を弱めるように作用することにより、該薄板 24 と対応するチャンバ 2 内空間の位置で交番電界 E が弱められ、プラズマ生成密度も低くなる。従って、この薄板 24 をアンテナ 20 の中央部に設けた場合には、アンテナ直下のプラズマ生成領域 P が半径方向外側に変位され、結果的にウエハ W の表面（被処理面）上でプラズマ密度が均一化される。これにより、被処理体であるウエハ W に均一で再現性あるプラズマ処理を施することができる。

【0063】前記第 1 実施例においては、誘導部材としてのアンテナ 20 を上述のようにスパイラル状のものとしたが、これに限らず例えば図 4 に示したように、単一ループ状であるリング状をなし、その各端部に端子 31 a、31 b を有するアンテナ 31 としてもよい。このようにリング状に形成されたアンテナ 31 の場合にも、スパイラル状の場合と同様な機構で交番電界が形成され、比較的均一なプラズマが形成される。

【0064】また図 5 に示すように、スパイラルの中央部が切り取られた形状のアンテナ 35 としてもよい。これらの場合にも、常磁性金属部材である薄板 24 の前記

作用によりプラズマ密度がより均一化される。なお図 5 に示したアンテナ 35 の場合、中央部の空間領域の径は、アンテナの渦巻き数（旋回数）、その端子 35 a、35 b に接続される高周波電源 21 の出力電力、被処理体であるウエハ W の直径、アンテナ 35 とウエハ W 間の距離等に応じて適宜選択、設定される。

【0065】なお常磁性金属部材は、前述のような円形の薄板 24 に限らない。また常磁性金属部材は、誘導部材としてのアンテナの近傍に配置されていれば、アンテナの中心部以外の箇所に配置されてもよく、必要に応じて複数の箇所（たとえばアンテナ中心部とアンテナ外周部）に配置されてもよい。また、本発明による常磁性金属部材は、アンテナの上に重なって配置されてもよい。

【0066】次に本発明の第 2 実施例について説明すると、本実施例は、チャンバなどその他プラズマ装置としての基本的な装置構成は、前記第 1 実施例と同様のものが使用される。しかしながらこの第 2 実施例では、常磁性金属部材を用いず、スパイラル状のアンテナの状態を変えることによりプラズマ密度を調節するように構成されるものである。即ち第 2 実施例では、図 1、図 2 に示されるプラズマ装置 1 において、薄板 24 を取り外し、かつアンテナ 20 に代えて図 6 に示したアンテナ 40 を使用したものである。

【0067】図 6 では、誘導部材としてのアンテナ 40 が、中央部に空間領域を有するスパイラル状をなしている。このように中央部に空間領域を有するスパイラル状をなすアンテナ 40 では、アンテナ中心部を縦方向に貫通する磁束の本数が減少するため、その直径で誘起される交番電界の磁界強度が小さくなり、前出第 1 実施例と同様、プラズマ生成領域が半径方向において外側に変位する。従って第 1 実施例と同様の作用により、プラズマ密度が均一化される。この場合、前出第 1 実施例において用いた常磁性金属部材が存在しない分、アンテナ中央部の空間領域の径 R を、図 5 におけるアンテナ 35 の径より大きくする必要がある。たとえば 6 インチのウエハの直径に相当する径が選択される。

【0068】但し、図 6 に示したアンテナ 40 の場合も、中央部の空間領域の径は、アンテナ 40 の渦巻き数（旋回数）、端子 40 a、40 b に接続される高周波電源 21 の出力電力、被処理体であるウエハの直径、アンテナ 40 とウエハ間の距離等に応じて適宜選択されることはもちろんである。

【0069】図 7 において示された例では、スパイラル状（渦巻状）のアンテナ 45 において、アンテナ導体のピッチを半径方向で変化させ、アンテナ外側部では密に、アンテナ中心部では疎になっている。このような渦巻き構造によれば、アンテナ直下で誘起される同心円状の交番電界が、相対的に内周部（中心部）で小さくなるため、プラズマ生成領域も半径方向外側にシフトし、やはり第 1 実施例と同様の効果が得られ、プラズマ密度が

より均一化される。

【0070】次に第3実施例について説明すると、この第3実施例においても、チャンバなどその他プラズマ装置としての基本的な装置構成は、前出第1実施例と同様に構成されるが、誘導部材としての2つのアンテナを、同心状に設け、かつこれら2つのアンテナに供給される高周波電圧を、各々独立に制御するように構成したものである。即ちこの第3実施例は、図1、図2に示されるプラズマ装置1において、薄板24を取り外し、かつアンテナ20、高周波電源21、キャパシタ22に代えて図8に示したリング状のアンテナ51、52、並びにこれらに高周波電力を印加する高周波電源などを使用したものである。

【0071】図8では、リング状のアンテナ51及び52を同心状に、好ましくは同一平面上に設け、外側のアンテナ51の端子51a及び51bとの間には、マッチング回路としてのキャパシタ53を介して第1の高周波電源54が接続されている。他方、内側のリング状のアンテナ52の端子52a及び52bとの間には、マッチング回路としてのキャパシタ55を介して第2の高周波電源56が接続された構成を有している。

【0072】前記第1および第2の高周波電源54、56は、夫々独立した第1および第2の高周波電力を同一周波数（たとえば13.56MHz）、かつ同位相でそれぞれ外側および内側のリング状アンテナ51、52に供給する。そして、アンテナが基本的に図1及び図2と同様の位置に配置される場合には、第1の高周波電力に対して第2の高周波電力が低い位置に選ばれる。

【0073】これにより、外側のリング状のアンテナ51には、相対的に大きな高周波電流 $i_{ARF}$ が流れるとともに、内側のリング状のアンテナ52には相対的に小さな高周波電流 $i_{BRF}$ が流れる。この場合、アンテナ直下のチャンバ2内空間におけるプラズマ生成領域Pが、図2に示した単一のアンテナ20に同一の高周波電流 $i_{RF}$ が流れた場合のプラズマ生成領域P'よりも外側にシフトするので、前記第1実施例と同様の作用でプラズマ密度の均一化を図ることができる。

【0074】なおこの場合、図8に示すように、外側のリング状のアンテナ51と内側のリング状のアンテナ52との間に対応する位置に、被処理体としてのウエハWが位置するように、各アンテナを配置することが、プラズマ密度を一層均一化するうえで好ましい。また、リング状のアンテナは図8のように2つに限らず、3つ以上であってもよい。

【0075】さらに誘導部材としてのアンテナをこのように構成することにより、内側のアンテナと外側のアンテナとで高周波電力を独立に設定できるため、プラズマ生成領域をより精細かつ広範囲に制御することができる。なお、高周波電源と両アンテナ51、52との間に電力分配回路を設けることで、第1および第2の高周波

電源51、52を一つの高周波電源で共用化することも可能である。

【0076】図9では、同心状に2つのスパイラル状のアンテナ61及び62を配置した例を示す。すなわち、スパイラル状のアンテナ61の内側にスパイラル状のアンテナ62を設け、夫々キャパシタ63、64を介して、対応する高周波電源65、66を接続したものである。この場合にも、図8に示した例と同様の効果が得られる。なお各スパイラル状のアンテナ61、62の巻数は、各高周波電源の出力、被処理体であるウエハの直径、アンテナとウエハとの距離等に応じて任意に選択することができる。

【0077】図10では、スパイラル状のアンテナ71とリング状のアンテナ72とを同心状に配置した例であるが、この場合にも同様の効果を得ることができる。なお、図10のようにリング状のアンテナ72が内側であってもよいし、リング状アンテナ72が外側であってもよい。なお各アンテナ71、72には夫々キャパシタ63、64を介して、対応する高周波電源65、66が接続される。

【0078】また、図8～図10の例において、第1実施例で用いた常磁性金属部材を併せて用いることもできる。その場合には、高周波電力と常磁性金属との両方によりプラズマの調整を行うことができる。

【0079】次に第4実施例について説明すると、第4実施例はECRプラズマエッチング装置に適用した例であって、まず図11～図14に基づいて、第4実施例に係るプラズマ装置81の装置構成について説明する。

【0080】このプラズマ装置81は、図11に概略的に示すように、プラズマ発生部Aとプラズマ処理部Bとから構成されている。プラズマ発生部Aは、例えば頂部がドーム形状の円筒石英管82と、その石英管82の周囲を囲むアンテナ手段83と、そのアンテナ手段83の上方において前記石英管82を囲むように配置された電磁コイル84とから構成される。

【0081】前記アンテナ手段83はマッチングボックス85を介して第1の高周波電源86に接続されて、コントローラ87からの指令に応じて、高周波電流を印加することが可能である。また、前記電磁コイル84は電源88に接続されて、コントローラ87からの指令に応じて、所望の静磁場を励起可能に構成されている。また、前記石英管82のドーム部分の頂部には、第1のガス源89より図示しないマスフローコントローラを介して第1のプロセスガス、例えばアルゴンなどの不活性ガスを導入可能な第1のガス導入管路90が取り付けられている。

【0082】図12に詳細に示されるように、前記アンテナ手段83は、上部リング部材83a、下部リング部材83b及び両リングを連結する連結部材83cから構成され、前記第1の高周波電源86から前記マッチング

ボックス 85 を介して、図 12 の矢印で示すように、所望の高周波電流を印加することにより、前記円筒石英管 82 内に交番電界を形成することが可能なように構成されている。なお、アンテナの構造は交番電界を所望の領域に形成できればよく、前記形状に特定されない。

【0083】また、図 12 及び図 13 から明かなように、前記電磁コイル 84 は、前記アンテナ手段 83 の上部において、前記円筒石英管 82 を取り囲むように配置されている。なお、図 12 では、構造の理解を容易にするために、前記電磁コイル 84 の略半分を切り欠いた状態で示している。図 13 の平面図に矢印で示したように、前記電源 88 により電磁コイル 84 を励起することにより、前記交番電界と直交する方向、すなわち図示の例では垂直方向（円筒石英管の軸方向）下方に向かう静磁場を形成するように構成されている。

【0084】なお、プラズマ発生部を構成する前記石英管 82、アンテナ手段 83、電磁コイル 84 の寸法及び出力は、後述するように、被処理体であるウエハ W の反応表面の上方、約 20 ～ 30 cm 付近、すなわち図 11 の例では、前記石英管 82 と後述の処理室 91 の接続部分付近に、ECR 領域（Ec）が形成されるように調整される。

【0085】再び図 11 を参照して、第 4 実施例に係るプラズマ装置 81 のプラズマ処理部 B の構成について説明する。前記プラズマ処理部 B は、前記プラズマ発生部 A で発生したプラズマ流により被処理体、例えばウエハ W を処理する処理室 91 を備え、その処理室 91 内には、前記ウエハ W を載置固定するためのサセプタ 92 が収納されている。このサセプタ 92 はマッチングボックス 93 を介して第 2 の高周波電源 94 に接続されており、前記コントローラ 87 からの指令によりエッチング処理を行う際には、RF バイアスを前記サセプタ 12 に印加することが可能なように構成されている。

【0086】前記処理室 91 の肩口には、第 2 のガス源 98 から図示しないマスフローコントローラを介して第 2 のプロセスガスを導入可能な第 2 のガス供給管路 99 が設けられており、同処理室 91 の反対側下方には、例えば真空ポンプなどの排気系 95 に連通する排気管 96 が接続されており、処理工程に応じて、前記処理室 91 内にプロセスガスを導入したり、あるいは前記処理室 91 内を真空引きすることができるように構成されている。

【0087】さらに本実施例によれば、前記処理室 91 の側壁を取り囲むように磁場形成手段 97 が配置されている。この磁場形成手段 97 は、図 14 に詳細に示すように、複数の永久磁石 97a、97b 等を交互に極性が異なるように環状に配して成るもので、図 14 の矢印に示すような磁力線を有する多極磁場を構成する。この多極磁場の作用により、後述するように、プラズマ発生部 A から導入されたプラズマ流を、被処理体であるウエハ

W の処理表面付近にて整形保持することが可能になる。

【0088】第 4 実施例に係るプラズマ装置 81 は以上のように構成されており、次にその動作について説明すると、エッチング処理を行う場合には、図示しないカセット室から搬送アームにより図示しないロードロック室に搬送された被処理体であるウエハ W が、前記ロードロック室から図示しないゲートバルブを介して、処理室 91 内に搬送される。即ち予め減圧雰囲気、例えば  $10^{-6}$  Pa に設定された処理室 91 内に搬送され、その処理室 91 内のサセプタ 92 上に、図示しない静電チャックなどの固定手段により載置固定される。

【0089】次いで、前記石英管 82 のドーム頂部の前記第 1 のガス供給管路 90 及び前記処理室 91 の肩口に設けられた前記第 2 のガス供給管路 99 から、ウエハ W にプラズマエッチングを施すための所定のプロセスガスが、前記石英管 82 及び前記処理室 91 に導入される。この時、処理室 91 内の圧は、例えば  $10^{-3}$  Torr に調節されている。例えば、前記第 1 のガス供給管路 90 からアルゴンなどの不活性ガスを導入し、第 2 のガス供給管路 99 から  $Cl_2$  や  $CHF_3$  を供給することが可能である。このように、2 系列のガス供給管路からプラズマ発生部 A 及びプラズマ処理部 B にプロセスガスを供給可能なように構成することにより、エッチングに最適なプロセスガスの混合比を、プラズマ発生部 A 及びプラズマ処理部 B、それぞれにおいて、別個にパラメータ設定して、より制御性に優れたプラズマエッチング処理が可能となる。

【0090】プラズマを発生させる際には、第 1 の高周波電源 86 から適当な高周波電流をアンテナ手段 83 に送ることにより、処理室 91 内に交番電界を形成すると共に、電源 88 により電磁コイル 84 を励起することにより、垂直方向下方、すなわち石英管 82 の軸方向に磁力線を有する静磁場が形成される。そして後述する ECR 条件が満足されると、ECR 領域に存在する電子はその磁界の磁力線に巻き付くように螺旋運動をしてプラズマ電位に到達し、弱磁界方向、すなわち垂直方向下方に加速される。この結果、被処理体であるウエハ W の処理表面に対して垂直方向に向かうプラズマ流を形成することが可能となる。

【0091】ここで、電子サイクロトロン共鳴（ECR）条件は、

$$B = 2\pi m_e f_c / e$$

を満足させることで得られる。ただし、上式において、B は磁束密度、 $m_e$  は電子の質量、 $f_c$  は周波数、 $e$  は電荷である。そのため、従来のマイクロ波 ECR プラズマ装置においては、工業的に利用可能な 2.45 GHz のマイクロ波に対して ECR 条件を満たす磁場として 875 Gauss が必要であったので、磁場を得るために大きな重いマグネットが必要となり、装置が大型化せざるを得なかった。また、マイクロ波を伝播するための特

別な導波管も必要であった。

【0092】しかし、低い周波数を用いれば、それだけ低い磁場でECR条件を達成することが可能なことは、上式から明らかである。そこで本実施例に基づくプラズマ装置81によれば、アンテナ手段83に、例えば100MHz以下の高周波電流を供給することにより、交番電界を形成することが可能なので、例えば35Gauss程度の非常に小さい磁場を形成すれば、ECR条件を満足させることが可能である。そのため、従来の装置に比較して遥かに小さな電磁コイルを使用すれば十分なので、装置の簡易化、小型化を図ることができる。

【0093】図13に示すように、第1の磁場形成手段による磁力線は、垂直方向下方に向かうにつれて処理室外方に反れる発散磁界を形成している。そのため、被処理体Wに向かうプラズマ流も発散する傾向を有している。特に従来のマイクロ波ECRプラズマ装置では、875Gaussという大きな磁界を使用せざるを得ないので、処理室91内に形成される発散磁界も大きなものとなり、プラズマ流の発散傾向も大きくなり、ウエハWの処理表面にプラズマ流を垂直に入射させることが困難であった。

【0094】しかしながら、本実施例に基づくプラズマ装置81によれば、例えば35Gaussといった小さな磁場を用いることが可能なので、処理室91内に生じる発散磁界も小さくすることができ、前記処理室91内に導入されたプラズマ流の発散傾向を最小限に抑えることが可能である。特に、ECR領域と20～30cm程度離れた地点では発散磁界の影響はほとんど無視することができるので、ウエハWの処理表面にプラズマ流を垂直に案内することが可能になるので、選択比の高い良好な異方性エッチングを達成することができる。

【0095】また、図11に示すプラズマ装置1の処理室91の周囲には図14に示すような多極構成の磁場形成手段97が配置されているので、プラズマ発生部Aから処理室11内に導入されたプラズマ流を被処理体Wの処理表面に対応するように整形保持することが可能である。またかかる多極構成の磁場形成手段97によって上述のプラズマ流の発散傾向を減少させ、処理表面に垂直入射するプラズマ流とすることで、高い選択比及びエッチングの均一化を確保することが可能となる。

【0096】また、図11に示す実施例ではサセプタ92にマッチングボックス93を介して第2の高周波電源94からRFバイアスを印加することが可能なように構成されている。そのため、使用される処理ガスやガス圧力に応じて、RFバイアスを適宜印加することにより、プラズマ流中のイオンの加速を図ると共に、イオン流の均一化を図ることが可能である。

【0097】前記のようにして被処理体であるウエハWの処理が完了すると、排気管路96を開放して、真空ポンプなどの排気系95により前記処理室11内の残留処

理ガスや反応性生物を十分に排気した後に、前記処理室91の側面に設けられた図示しないゲートバルブが開口され、搬送アームによりサセプタ上の被処理体をロードロック室に搬出する。以上が、第4実施例にかかるプラズマ装置1を用いた場合の動作説明である。

【0098】次に、前記石英管82の頂部ドーム部分の第1のガス供給管路90からのプロセスガスの導入経路に関するさらに別の実施例について、図15及び図16を参照しながら説明する。図11の第4実施例においては、石英管82の頂部ドーム部分に形成された第1のガス供給管路90から処理ガスが、直接石英管82内に導入されるが、処理ガスを処理室91内に均一かつ迅速に分散させるために、図15又は図16に示す構成を採用することが可能である。図15に示す他の実施例においては、複数の貫通孔100が穿設された板部材101を介して処理ガスを導入することにより、ガス分散の均一化及び加速を図っている。

【0099】また、図16に示す他の例においては、スポンジ状の多孔性材料102が前記第1のガス供給管路90付近に設置されており、処理ガスは前記多孔性材料102中の微小孔103を介してプラズマ発生部Aに導入し、ガス分散の均一化及び加速を図ることができるように構成されている。

【0100】次に、図17及び図18を参照して、第5実施例について説明する。ただし、図11に示す第1実施例と同じ機能及び構造を有する構成部材については、同一の番号を付すことにより、重複説明を省略している。この第5実施例においては、図11に示す石英管82に代えて、石英板110が処理室91の上面に配置されており、この石英板110の外側表面上に、アンテナ手段111が設置されている。

【0101】このアンテナ手段111は、図18に示すように、渦巻形状を有する渦巻アンテナであり、高周波電源86からマッチングボックス85を介して高周波電流を印加することにより効率よく交番電界を形成することが可能である。なお、石英板110の外側表面に設置されるアンテナ構造については、所望の領域に所望の交番電界を形成できればよく、前記形状に限定されない。

【0102】例えば図4～図10に示された各種形態のアンテナを使用することができ、またかかる場合、図4～図10に示された高周波電源、キャパシタの接続構成を採ることが可能である。しかもアンテナ、高周波電源の接続等をそのように構成することにより、対応する箇所で述べたように、プラズマ密度の均一化を図って、より均一なプラズマ処理を施すことが可能になるものである。

【0103】また、この第5実施例においても、図11に示す実施例と同様に、前記アンテナ手段111の上方には電磁コイル84が設置されており、垂直方向下方に向かつて徐々に発散する磁力線を有する静磁場を形成す

ることが可能に構成されている。このように、本実施例においても、前記アンテナ手段 111 と前記電磁コイル 84 の出力を適当に調整することにより、所望の領域、例えば、被処理体の処理表面の上方、20～30cm 領域に ECR 領域を形成することが可能である。

【0104】さらに、本実施例によれば、図 11 に示した第 1 実施例にかかるプラズマ装置 81 における石英管 82 のような、嵩高の構成部材を使用する必要がないので、プラズマ装置のより小型化を図ることが可能である。

【0105】次に添付図面を参照しながら第 6 実施例について説明すると、本実施例はプラズマエッチング装置に適用した例であり、図 19 に示すように、第 6 実施例にかかるプラズマエッチング装置 121 は、気密に構成された例えばアルミニウム製の処理室 122 を備えている。その処理室 122 のほぼ中央にはサセプタ 123 が配置されており、そのサセプタ 123 の上に被処理体、例えばウエハ W が載置固定される。

【0106】前記処理室 122 の肩口には処理ガス供給管路 124 が取り付けられており、ガス源 125 から図示しないマスフローコントローラを介して、 $Cl_2$  や  $CHF_3$  などの反応性ガスを前記処理室 122 内に供給することができる。また、前記処理室 122 の前記処理ガス供給管路 124 の取付側とは反対側の下方には排気用管路 126 が取り付けられており、排気系 127、例えば真空ポンプなどにより必要に応じて真空引きが可能ないように構成されている。

【0107】さらに、図 19 に示すように、被処理体であるウエハ W を載置したサセプタ 123 の上面には、このウエハ W を取り囲む石英から成るフォーカスリング 130 が、ウエハ W の被処理面よりも高くなるように設けられている。このフォーカスリング 130 は、サセプタ 123 上に生成されるプラズマを前記被処理面に集中させて、処理、例えばエッチングのレートを高める効果を持っている。また、前記フォーカスリング 130 は、前記プラズマにより、アルミニウムから成るサセプタ 123 の被処理体に覆われない露出部がエッチングされて、ゴミが発生するのを防止する効果をも有している。

【0108】さらに前記サセプタ 123 の被処理体保持面には、静電チャック 132 が設けられている。この静電チャック 132 は、銅箔などの導電体 131 を絶縁膜、例えばポリイミド樹脂をポリイミド接着して形成され、高温、例えば 100℃～150℃であっても、サセプタ 123 から膜剥がれせずに、被処理体であるウエハ W を正確に保持する機能を持っている。この静電チャック 132 は、電線 133 を介して、電源スイッチ 134 に接続され、この電源スイッチ 134 は、直流電源 135 を介して電氣的に接地してある。この直流電源 135 より電圧、例えば 2KV が、前記静電チャック 132 の導電体 131 に印加されると、被処理体であるウエハ W

を吸着、保持するように構成されている。

【0109】前出サセプタ 123 の内部には、被処理体の温度調整手段、例えば液体窒素が、図示しない供給手段よりパイプ 136 を介して供給され、一時的に液体窒素を蓄えることが可能なタンク 137 に導入される。この温度調整手段により、プラズマ処理される被処理体は、サセプタ 123 上で、例えば冷却されて、処理に適した温度、例えば 0℃～150℃の所定温度に処理中維持されるので、被処理体の温度に依存した処理、例えばエッチング、アッシング、膜形成等に適した装置を提供できる。特に、半導体ウエハのエッチングにおいて、64M メモリ以上のコンタクトホール形成で、0.3μm 以下のエッチングには、微細な加工が必要となり、コンタクトホールの側壁を処理ガスによる反応生成物で保護して底面をエッチングする技術には、半導体ウエハを低温、例えば -100℃ 以下に冷却して処理することが必要となる。

【0110】また、前記ガス供給管路 124 の前記処理室 122 への供給口 139 は、図示しないガス拡散板を介して分流され、処理室 122 の供給口には、多孔質のガス拡散シャワーヘッド、例えばフロン系樹脂、フェノール系樹脂を炭化して得られるガラス状カーボンが設けられている。このガラス状カーボンから成るガス供給口により、サセプタ 123 上に載置された被処理体へ均一な処理ガスを供給でき、処理結果、例えばエッチング処理の処理面内での高い均一性を得ることができるように構成されている。

【0111】図 20 を参照すれば明らかなように、前記処理室 122 の頂部壁面のほぼ中央はほぼ円形に切り抜かれており、そこに円板状の絶縁部材 128 が気密に取り付けられている。この絶縁部材 128 の材質は、石英ガラスやセラミック材料といった絶縁部材であれば特に限定されないが、透明な石英ガラスを用いた場合には、前記処理室 2 内のプラズマの発光状態を視認することが可能である。

【0112】前記絶縁部材 128 の上面、すなわち前記処理室 122 の外側には、ループアンテナ 129 及び磁極材 140 が載置固定される。前記ループアンテナ 129 は銅線又は銅管などの導電性材料から構成することが可能であるが、冷却特性に優れる銅管を用いることが好ましい。またこの実施例においては、図 20 から明らかなように、1 ターンのループを描くループアンテナ 129 を用いているが、高周波電流を印加することにより処理室内に回転電界を形成できるものであれば、図示の例に限定されない。

【0113】例えば図 4、図 8 に示された各種形態のアンテナを使用することができ、またかかる場合、図 4、図 8 に示された高周波電源、キャパシタの接続構成を採ることが可能である。しかもアンテナ、高周波電源の接続等をそのように構成することにより、対応する箇所



述べたように、プラズマ密度の均一化を図って、より均一なプラズマ処理を施すことが可能になるものである。

【0114】また、前記ループアンテナ129は、マッチングボックス141を介して第1の高周波電源142から高周波電流を印加することが可能なように構成されている。そしてコントローラ143からの指令により、例えば13.56MHzの高周波電流を前記ループアンテナ129に印加することにより、前記絶縁部材128を介して、前記処理室122内に回転電界を形成し、電子を加速し、プラズマ発生条件を充足させることが可能である。

【0115】前記絶縁部材128上に設置される前記磁極材140としては、導電性の低いニッケル亜鉛系のソフトフェライトを用いることが好ましい。導電性の高い磁極材を用いた場合には、高周波電流を印加した場合に生じる交番磁界によりうず電流が発生し、所望の磁場を前記処理室2内に形成することができないおそれがある。

【0116】また前記磁極材140の形状については、図示の実施例の場合には、周囲を厚く中央薄くして、前記処理室122内のプラズマの密度分布の面内均一化を図っているが、後述するように、前記磁極材140の形状については、処理条件に応じて適宜定めることが可能である。

【0117】また前記磁極材140の水平方向断面積、すなわち、前記処理室122内の被処理体であるウエハWの処理面に略水平な平面で切断した断面積については、そのウエハ体Wの処理面の面積よりも大きくなるように構成している。かかる構成により、被処理体であるウエハWの処理面全体にわたり前記磁極材140による磁場を作用させることが可能になり、プラズマの密度分布をより精密に制御することができる。

【0118】またプラズマを発生させるために高周波電流を前記ループアンテナ129に印加した場合には、前記磁極材140に反磁場が生じ、この磁極材140による磁場に不利に作用するおそれがある。そのため本発明によれば、その反磁場の影響を無視できる程度の厚みを前記磁極材140に持たせること、あるいは磁路を長くする工夫により、前記問題点を克服している。

【0119】前記サセプタ123にはマッチングボックス144を介して第2の高周波電源145が接続されており、前記コントローラ143からの指令により、エッチング処理時に高周波バイアス電位を前記サセプタ123に印加することが可能なように構成されている。なお前記サセプタ123は、処理室122から絶縁体138により絶縁されるように構成されている。

【0120】さらに本実施例によれば、前記処理室122の側壁を取り囲むように磁場形成手段、例えば永久磁石146a、146bが配置されている。この磁場形成手段146は、図21に詳細に示すように、複数の永久

磁石146a、146b等を交互に極性が異なるように環状に配して成るもので、図21の矢印に示すような磁力線を有する多極磁場を構成している。この多極磁場の作用により、前記処理室122の内壁に衝突しようとするプラズマ流を前記処理室122の中央に押し戻し、被処理体であるウエハWの処理表面付近に、プラズマを整形保持することが可能なように構成されている。

【0121】第6実施例にかかるプラズマエッチング装置121は以上のように構成されており、次にその動作について説明すると、エッチング処理を行う場合には、図示しないカセット室から適当な搬送手段、例えば搬送アームにより図示しないロードロック室に搬送された被処理体であるウエハWが、前記ロードロック室から、処理室122の側面に設けられたゲートバルブ147（図20参照）を介して、処理室122内に搬送される。さらにウエハWは、予め減圧雰囲気、例えば $10^{-6}$ Torrに減圧された処理室122内に搬送され、サセプタ123上の前記静電チャック132によって吸着、保持される。

【0122】次いで、前記処理室122の肩口に設けられたガス供給管路124から、被処理体であるウエハWにプラズマエッチングを施すための所定のプロセスガス、例えば $Cl_2$ や $CHF_3$ が前記処理室122内に導入される。この時、処理室122内の圧力は、例えば $10^{-3}$ Torrに調整されている。

【0123】プラズマエッチングを実施する場合には、第1の高周波電源142からマッチングボックス141を介して、例えば13.56MHzの高周波電流がループアンテナ129に印加される。その高周波電流により処理室122内部を垂直方向に上下する磁場が形成され、その磁場の周りに回転電界が形成される。この回転電界により電子がプラズマ電位にまで加速され、前記処理室122内にプラズマが形成される。この場合本実施例によれば、ループアンテナ129によって非常に均一な回転電界を形成することが可能なものであり、従って高い均一性を有するプラズマを処理室122内に形成することができる。

【0124】また、図19に示すプラズマエッチング装置121の前記処理室122の周囲には、図3に示すような複数の永久磁石146a、146bによって構成された磁場形成手段146が配置されているので、前記処理室122の内壁に衝突しようとするプラズマ流を前記処理室122の中央に押し戻し、被処理体であるウエハWの処理表面付近にプラズマを整形保持することが可能である。そのため、被処理体であるウエハWの処理面に対して、均一なエッチング処理を実施することができる。

【0125】また本実施例に係るプラズマ装置121によれば、第2の高周波電源145がサセプタ123に接続されている。この第2の高周波電源145は、プラズ

マを発生させるための第1の高周波電源142から独立して制御することが可能なので、発生されたプラズマと前記サセプタ123又はウエハWとの間の高周波バイアス電位を、自由に調節することができる。そのため、使用される処理ガスやガス圧力に応じて、高周波バイアスを適宜印加することにより、プラズマ流中のイオンの加速を図ると共に、イオン流の均一化を図ることが可能である。

【0126】前記のようにして前記処理室122内のウエハWの処理が完了すると、排気管路126を開放して、真空ポンプなどの排気系127により前記処理室122内の残留処理ガスや反応生成物を十分に排気した後、前記処理室122の側面に設けられたゲートバルブ147を開口し、搬送アーム（図示せず）によりサセプタ123上のウエハWを、図示しないロードロック室に搬出することでプロセスが終了する。

【0127】次に、図22及び図23を参照しながら、本実施例に基づいて構成される磁極材であるソフトフェライトの構造及び作用について説明する。一般に、処理室122内のプラズマの密度分布はその処理室122内の磁場分布に影響される。そのため、本実施例によれば、前記処理室122内の磁場分布を調節するために絶縁部材128の上面にソフトフェライトなどの磁極材140を配置し、その形状を変えることにより、前記処理室122内の磁場分布を調節し、プラズマの密度分布を自由に調節することができる。

【0128】ただし本実施例によれば、ウエハWの処理面全体にわたりプラズマの密度分布を制御可能に構成するために、前記磁極材140の水平方向断面積、すなわち前記ウエハWの処理面に略平行な平面で切断した断面の面積が、その処理面の面積よりも大きくなるように構成することが重要である。また上述したように、高周波電流をループアンテナ129に印加すると、前記磁極材140内に反磁場が生じるため、その影響を無視できる程度の厚みを前記磁極材140に持たせることが重要である。

【0129】前記条件を満たした上で、前記磁極材140構成するソフトフェライトの形状を適当に調節することにより、処理室122内プラズマの密度分布を自由に調節することができる。例えば図19に示す例において、前記磁極材140を設置しない時に、プラズマの周囲の密度分布がプラズマの中心密度分布よりも低いものと仮定し、そのプラズマの均一化を図りたい場合には、図示のように、前記磁極材140の縦断面において周囲部を中心部よりも厚く構成すること、あるいは、磁路が長くなるような構造にすることにより、プラズマの均一化を図ることができる。

【0130】必要なプラズマの密度分布は、処理される被処理体の種類、反応性ガス、ガス圧力などの要因により異なるので、本発明によれば、前記磁極材140の形状を適当に調節することにより、所望の最適なプラズマ

の密度分布を得ることが可能である。

【0131】例えば、図22の例では、ループアンテナ129'の周囲を完全に磁極材140'で覆うことにより、ループアンテナ129'に高周波電流を印加することによって生じる反磁場の影響を相殺すると共に、被処理体であるウエハWの処理面全体にわたって磁場を補強することが可能である。

【0132】また、図23に示す例では、ループアンテナ129''の周囲をソフトフェライトの磁極材140''で覆うことにより、上述の反磁場の影響を相殺すると共に、前記磁極材140''の中央部を周囲よりも薄く構成することにより、前記処理室122内のプラズマの面内均一化を促進することができる。

【0133】最後に、図19の例ではループアンテナ129の構造を1ターンのループを有する単純な構造として示したが、ループアンテナ129の構造は、高周波電流を印加することにより良好な回転磁界を処理室122内に形成できればよく、前記例に限定されない。例えば、図24に示すように、1ターンのループを重ねて配置し、回転磁界の強化を図ったループアンテナ149とすることも可能である。またその他、数ターンのループから渦巻状のループアンテナを用いて、広範囲にわたる回転磁界を形成するように構成することも可能である。

【0134】なお前出の実施例において、処理ガスの供給は、例えばチャンバ、処理室の上面に図25、図26、図27に示されたシャワーヘッド150を設けて、このシャワーヘッド150から供給するように構成してもよい。このシャワーヘッド150は、たとえば溶融シリカ、石英、セラミックスなどの絶縁体で構成され、内部にガス導入口151およびバッファ室152を有し、裏面に多数の吐出孔153を有している。そしてガス導入口151に処理ガス供給管154が接続される。

【0135】かかる構成のシャワーヘッド150を用いれば、ガス導入口151からバッファ室152に導入された処理ガスは、そこでいったん塞き止められてから各吐出孔153より均一な圧力・流量で下方の処理室内へ吐出または噴射される。従って、このシャワーヘッド150を用いることによって、処理室、チャンバ内に処理ガスが均一に供給されるので、プラズマ密度の均一化がより一層図れるものである。

【0136】以上、本発明に基づくプラズマ装置について実施例に基づいて説明したが、本発明に基づくプラズマ装置は前記各実施例に限定されず、アッシング装置、スパッタ装置、イオン注入装置、プラズマCVD装置などにも適用することが可能である。また被処理体についても、例えばLCD基板の処理を実施する各種のプラズマ装置に対して適用可能である。かかる場合の誘導手段の誘導部材、アンテナ手段の形態については、当該基板の平面形態に合わせて構成すればよい。例えばLCD基板



が長方形の場合には、ループ状の誘導部材やアンテナ手段も、線状、管状の導電性材料でいわば長方形のループ状に形成すればよい。また渦巻状の形態についても、順次内側に直角に折曲していくいわば長方形の渦巻状に形成すればよい。このように構成することにより、長方形の被処理体に対しても既述の各実施例と同様の作用効果が得られ、これを均一にプラズマ処理することが可能である。

#### 【0137】

【発明の効果】請求項1によれば、発生したプラズマの生成領域を変位させることが可能であり、これを利用してプラズマ密度の分布を変化させてプラズマを均一化させることが可能である。請求項2、請求項3では元々発生するプラズマが比較的均一であるから、より均一性に優れたプラズマ処理を被処理体に施すことが可能になっている。

【0138】また請求項4、5、6では、さらに広範なプラズマ密度の制御が可能であり、より均一性に優れたプラズマ処理を被処理体に施すことが可能である。そして請求項7に記載したように、誘導部材が複数ある場合において各誘導部材に供給される高周波電力を各々独立して制御するように構成した場合には、個々の誘導部材によって誘起される交番電界の強度が調整できるので、極めて精細で広範なプラズマ密度の制御を行える。

【0139】請求項8に記載したように、その常磁性体部材を板状とした場合には、スペース的に装置構成として採用しやすい。さらに請求項9ではプラズマ領域のシフトを大きくでき、この点から広範なプラズマ密度の分布の制御が可能である。

【0140】請求項10によれば、常時性金属部材を用いなくとも、中心部を縦方向に貫通する磁束の本数が減少し、誘起される交番電界の磁界強度が小さくなり、プラズマ生成領域が半径方向において外側に変位させられるので、これを利用して、プラズマ密度を均一化させることが可能になる。

【0141】請求項11に記載によれば、外側部と中心部とにおいて、誘起される交番電界を相対的に疎密にさせることが可能であり、これを利用してプラズマ密度を均一化させることが可能となっている。

【0142】また請求項12によれば、プラズマ中のイオンをより加速させることが可能であり、例えばエッチング処理においては、エッチングレートを向上させることができる。

【0143】一方請求項13によれば、前記アンテナ手段による交番電界と直交する方向に形成する静磁場の磁束密度を小さくしても、ECR条件を達成することが可能となり、そのための第1の磁場形成手段の小型化を図ることができる。また、ECR条件を達成するために必要な磁場も小さいもので十分なので、プラズマ流に対する発散磁界の影響を最小限にすることが可能である。そ

して処理室を囲むように第2の磁場形成手段が設けられているため、処理室内に導入されたプラズマ流の展開領域を被処理体近傍の面状に拡大し、その処理領域に均一なプラズマ流を保持すると共に、プラズマ流の方向を被処理体の処理面に対して垂直に方向付けることが可能となる。

【0144】請求項14によれば、アンテナ手段の巻き数によってプラズマ状態を制御することが可能になる。従って例えば均一な交番電界をプラズマ発生室のほぼ中央に形成することが可能になると共に、プラズマ発生部とプラズマ処理部とを分離することができるので、プラズマ発生条件及びプラズマ処理条件に関して、それぞれ別個のパラメータを設定して制御することが可能となり、より高精度のプラズマ処理を実施することができる。

【0145】また請求項15によれば、さらに装置の簡略化及び小型化を達成することが可能となる。

【0146】請求項16、17、18ではさらにさらに広範なプラズマ密度の制御が可能であり、よりプラズマの均一性を向上させることが可能である。この点請求項19によれば、さらに精細かつ広範囲のプラズマ密度の制御が可能である。

【0147】請求項20では、装置全体をより一層簡易、小型化することが可能になる。従って、請求項13～20によれば、従来のマイクロ波ECRプラズマ装置に比較して遥かに小さな高周波電流を用いてECR条件を達成することができるので、必要な磁場を形成するためのマグネットを小型化することが可能であり、メンテナンスが容易であり、プラズマ装置自体の小型化及び簡素化を図ることができる。また、従来の装置に比較して、小さな磁場を使用するので、処理室内に生じる発散磁界のプラズマ流に対する影響を最小限に抑えることが可能であり、プラズマ流を被処理体の処理表面により垂直に入射させることが可能である。

【0148】請求項21によれば、第1の高周波電源から誘導電界形成手段に高周波電流を印加することにより回転電界が処理室内に形成され、その回転電界により電子が加速されてプラズマ発生条件が達成される。このように、請求項21によれば電極を用いずにプラズマを発生させることが可能なので、電極材料に起因する製品の重金属汚染を減少させることができる。

【0149】また請求項22のように、前記誘導電界形成手段をループアンテナとして構成する場合には、より均一な回転電界を形成することができるので、面内均一に優れたプラズマを処理室内に発生させることができる。

【0150】請求項23によれば、2以上のアンテナ部材によって構成されているから、より広範囲のプラズマ密度の調整が可能になっており、さらに面内均一に優れたプラズマを処理室内に発生させることができる。そし

て請求項 24 のように、各アンテナ部材に印加される高周波電流を、各々独立して制御する如く構成すれば、より精細かつ広範囲のプラズマ密度の制御が可能である。

【0151】請求項 25 によれば磁極材にソフトフェライトを使用しているので、請求項 26 のようにして処理室内の磁場を調整して、処理室内の発生プラズマの密度分布を自由に調節することが容易である。また少なくとも被処理体の処理面に対して略平行な平面で切断した前記磁極材の断面積を前記被処理体の処理面より広く形成することにより、前記被処理体の処理面全体にわたり、所望の密度分布を有するプラズマ流を照射することが可能となる。

【0162】従って、請求項 21～26 によれば、ループアンテナを用いることにより無電極放電が可能なので、プラズマ発生のための高周波電力と、高周波バイアス電位とを独立に調整することが可能であり、しかも電極材料に起因する重金属汚染を回避することができる。しかも単にソフトフェライトの形状を変えるだけで、処理室内のプラズマの密度分布を容易に調整することが可能であり、プラズマ流の高い面内均一を達成可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 実施例の構成を示す説明図である。

【図 2】第 1 実施例の構成を示す断面を模式的に示した説明図である。

【図 3】第 1 実施例の作用を示す説明図である。

【図 4】第 1 実施例で用いるアンテナの他の例であるループ状のアンテナを示す平面説明図である。

【図 5】第 1 実施例で用いるアンテナの他の例である渦巻状のアンテナを示す平面説明図である。

【図 6】第 2 実施例で用いたアンテナの平面説明図である。

【図 7】第 2 実施例で用いるアンテナの他の例を示す平面説明図である。

【図 8】第 3 実施例で用いたアンテナの平面説明図である。

【図 9】第 3 実施例で用いることができるアンテナの他の例を示す平面説明図である。

【図 10】第 3 実施例で用いることができるアンテナの他の例を示す平面説明図である。

【図 11】第 4 実施例に係るプラズマ装置の概略的な縦断面図である。

【図 12】図 11 に示すプラズマ装置のプラズマ発生部分の概略的な見取図である。

【図 13】図 11 に示すプラズマ装置のプラズマ発生部分を水平方向に切断した概略的な断面図である。

【図 14】図 11 に示すプラズマ装置のプラズマ処理部分を水平方向に切断した概略的な断面図である。

【図 15】第 4 実施例で用いることができるプラズマ発生部分へのガス導入経路の他の例を示す概略的な断面図である。

【図 16】第 4 実施例で用いることができるプラズマ発生部分へのガス導入経路の他の例を示す概略的な断面図である。

【図 17】第 5 実施例に係るプラズマ装置の概略的な縦断面図である。

【図 18】図 17 に示すプラズマ装置の概略的な平面図である。

【図 19】第 6 実施例にかかるプラズマエッチング装置の概略的な縦断面図である。

【図 20】図 19 に示すプラズマエッチング装置の平面説明図である。

【図 21】図 19 に示すプラズマエッチング装置の処理室部分における水平方向断面説明図である。

【図 22】第 6 実施例に係るプラズマエッチング装置のループアンテナとソフトフェライトとの関係の他の例の要部断面図である。

【図 23】第 6 実施例に係るプラズマエッチング装置のループアンテナとソフトフェライトとの関係の他の例の要部断面図である。

【図 24】第 6 実施例に係るプラズマエッチング装置のループアンテナとソフトフェライトとの関係の他の例の要部断面図である。

【図 25】本発明の各実施例に用いることができるシャワーヘッドの概観を示す斜視図である。

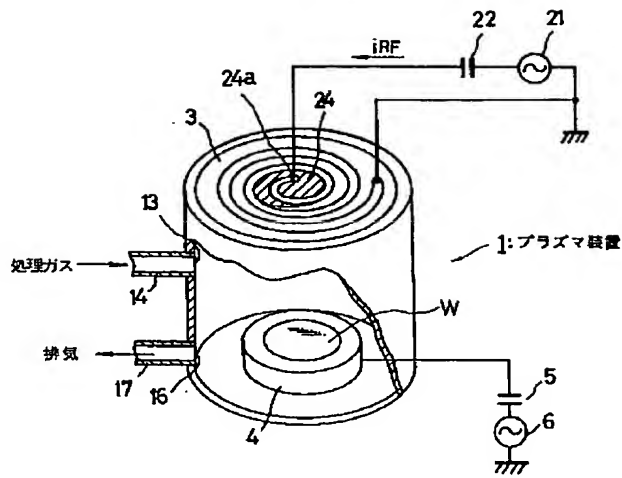
【図 26】本発明の各実施例に用いることができるシャワーヘッドの底面図である。

【図 27】本発明の各実施例に用いることができるシャワーヘッドの縦断面図である。

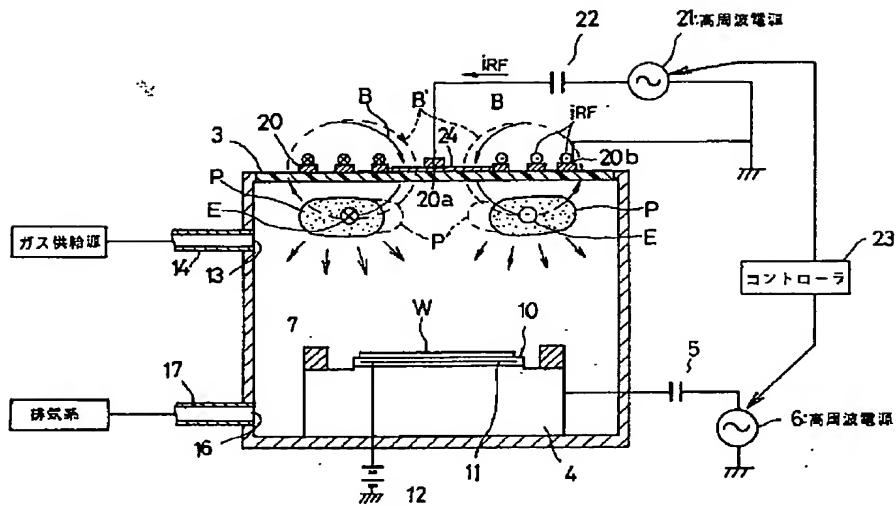
【符号の説明】

- |    |        |
|----|--------|
| 1  | プラズマ装置 |
| 2  | チャンバ   |
| 3  | 上壁     |
| 4  | 載置台    |
| 6  | 高周波電源  |
| 15 | ガス供給源  |
| 18 | 排気系    |
| 20 | アンテナ   |
| 21 | 高周波電源  |
| 24 | 薄板     |
| W  | ウエハ    |

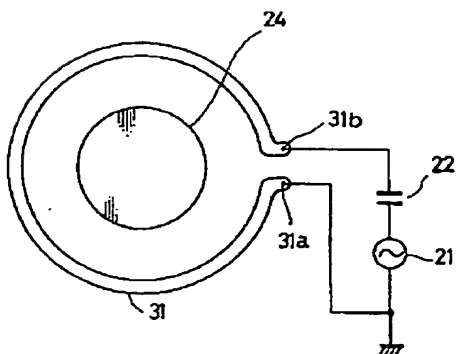
【図 1】



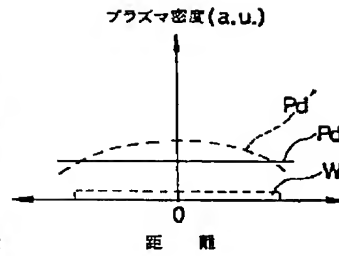
【図 2】



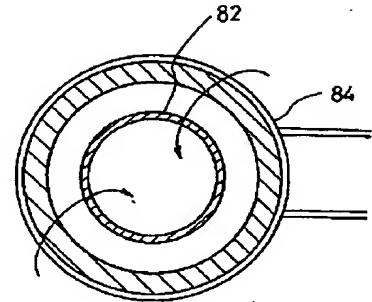
【図 4】



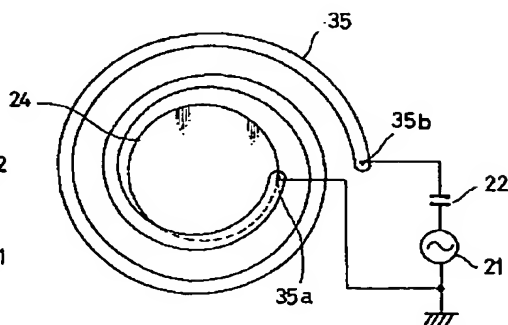
【図 3】



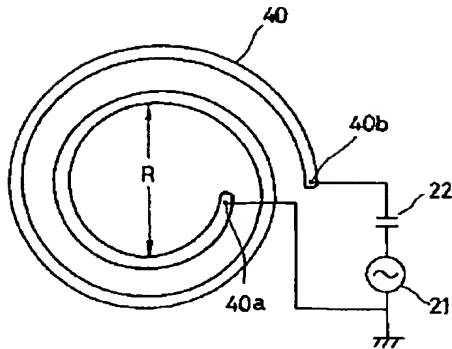
【図 13】



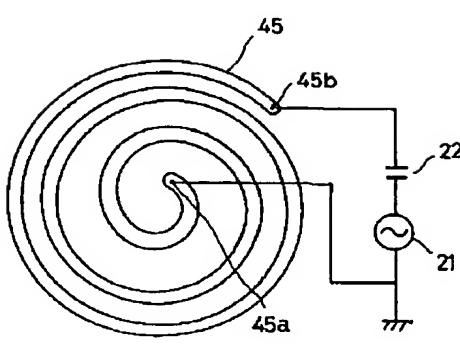
【図 5】



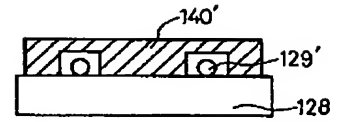
【図6】



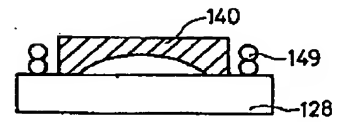
【図7】



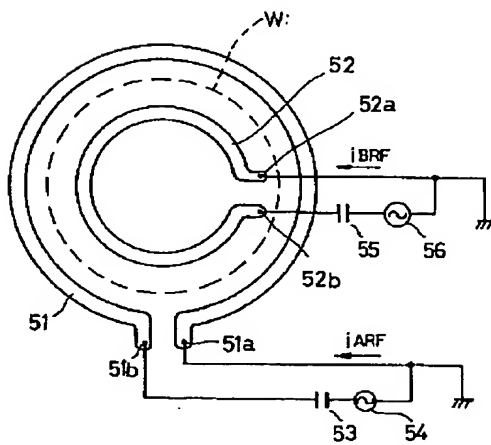
【図22】



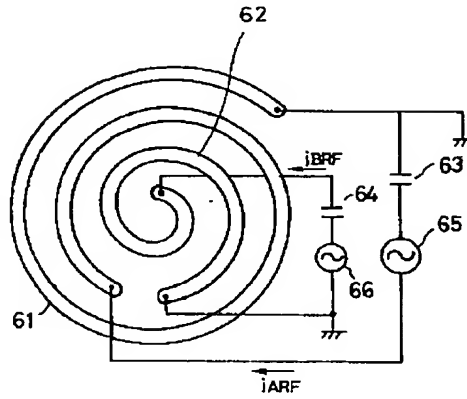
【図24】



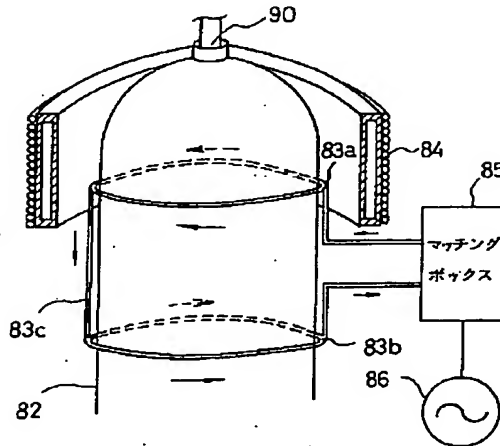
【図8】



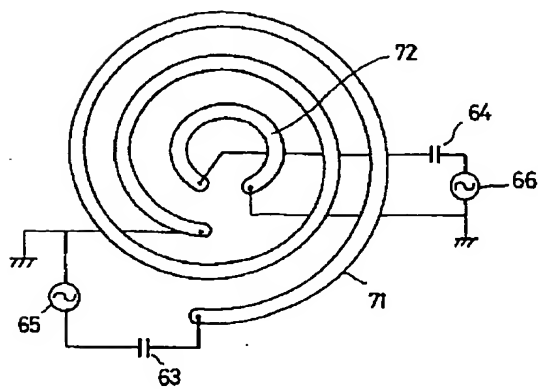
【図9】



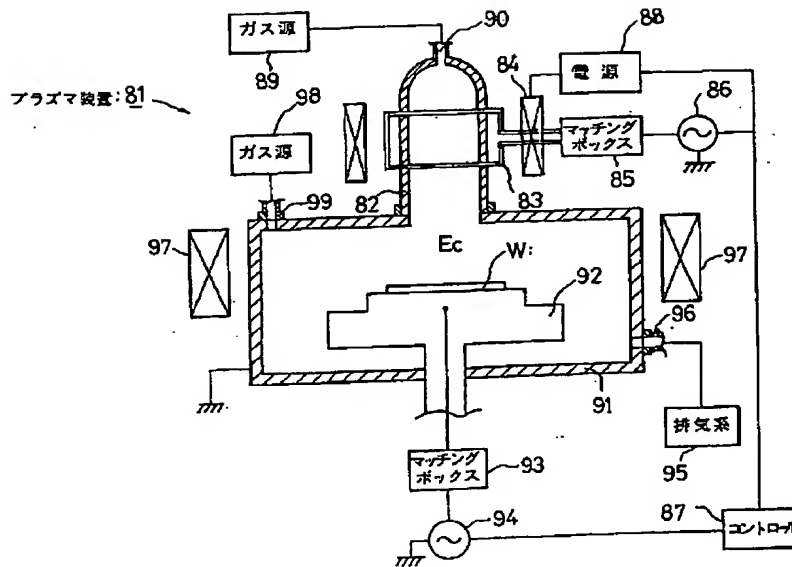
【図12】



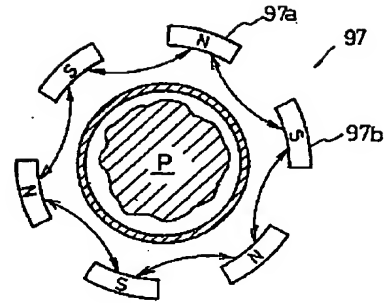
【図10】



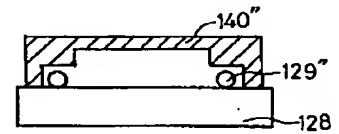
【図 11】



【図 14】

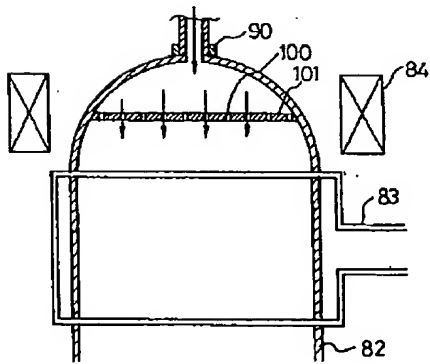


【図 23】



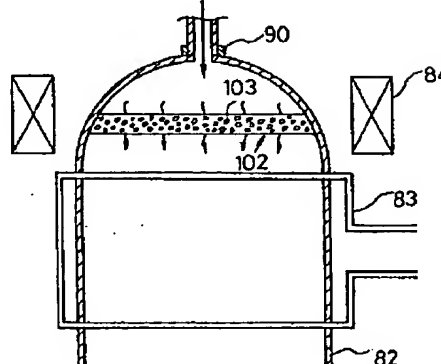
【図 25】

【図 15】

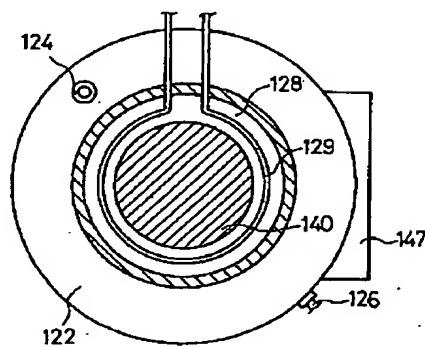
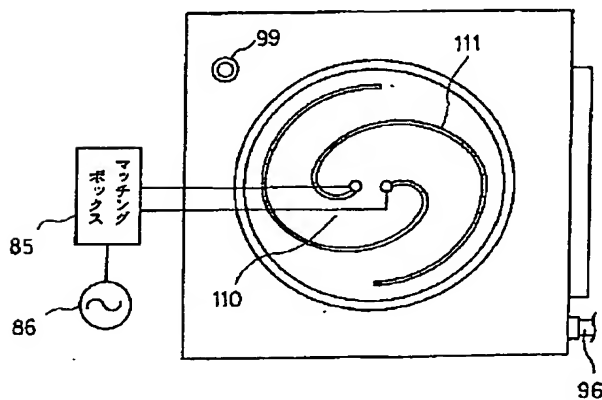
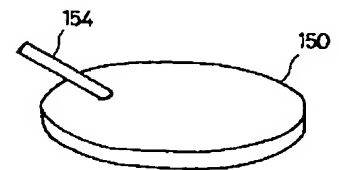


【図 18】

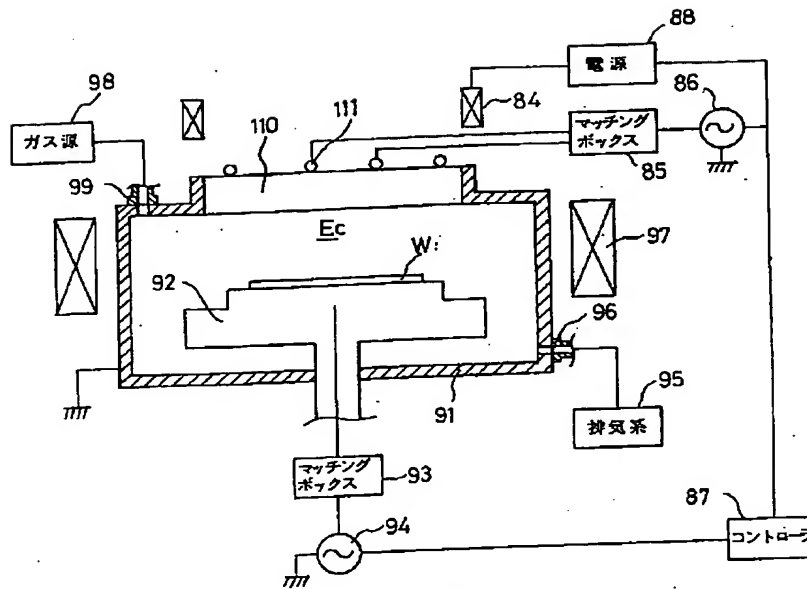
【図 16】



【図 20】

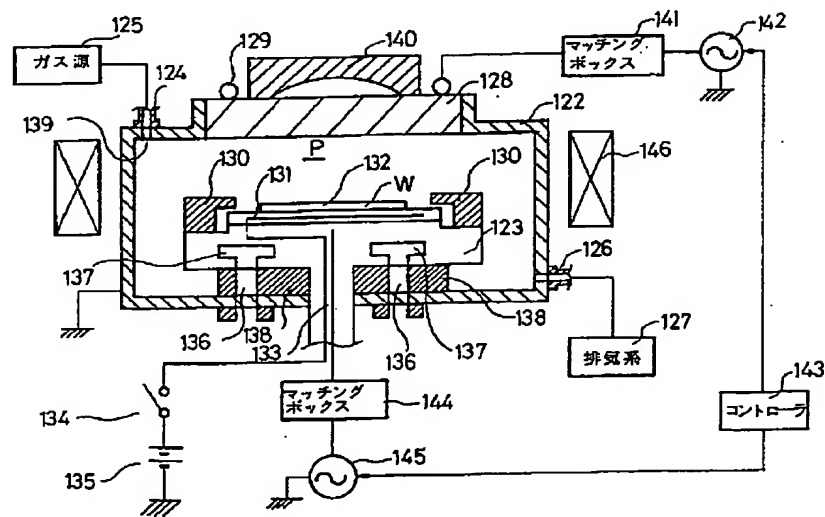


【図 17】

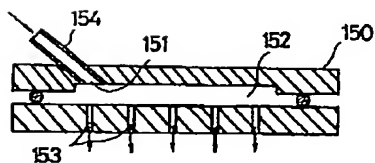


【図 19】

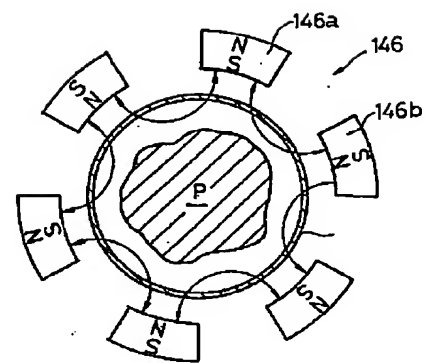
プラズマエッチング装置: 121



【図 27】



【図 21】



【図26】

